

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт Энергетический
 Направление подготовки 13.04.02 – «Электроэнергетика и электротехника»
 Кафедра Электроснабжения промышленных предприятий

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Гибридная ветродизельная система электроснабжения

УДК [621.311.23 + 621.311.24]: 621.31.031

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM4K	Бондарев Станислав Андреевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Лукутин Б.В.	д.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Грахова Е.А.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бородин Ю.В.	к.т.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электроснабжение промышленных предприятий	Завьялов Валерий Михайлович	д.т.н., доцент		

Томск – 2016 г.

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Универсальные компетенции	
P1	Совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень, добиваться нравственного и физического совершенствования своей личности, обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности.
P2	Свободно пользоваться русским и иностранным языками как средством делового общения, способностью к активной социальной мобильности.
P3	Использовать на практике навыки и умения в организации научно-исследовательских и производственных работ, в управлении коллективом, использовать знания правовых и этических норм при оценке последствий своей профессиональной деятельности.
P4	Использовать представление о методологических основах научного познания и творчества, роли научной информации в развитии науки, готовностью вести работу с привлечением современных информационных технологий, синтезировать и критически резюмировать информацию.
Профессиональные компетенции	
P5	Применять углубленные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в междисциплинарном контексте в инновационной инженерной деятельности в области электроэнергетики и электротехники.
P6	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа в области электроэнергетики и электротехники с использованием глубоких фундаментальных и специальных знаний, аналитических методов и сложных моделей в условиях неопределенности.
P7	Выполнять инженерные проекты с применением оригинальных методов проектирования для достижения новых результатов, обеспечивающих конкурентные преимущества электроэнергетического и электротехнического производства в условиях жестких экономических и экологических ограничений.
P8	Проводить инновационные инженерные исследования в области электроэнергетики и электротехники, включая критический анализ данных из мировых информационных ресурсов.
P9	Проводить технико-экономическое обоснование проектных решений; выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда; определять и обеспечивать эффективные режимы технологического процесса.
P10	Проводить монтажные, регулировочные, испытательные, наладочные работы электроэнергетического и электротехнического оборудования.
P11	Осваивать новое электроэнергетическое и электротехническое оборудование; проверять техническое состояние и остаточный ресурс оборудования и организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт.
P12	Разрабатывать рабочую проектную и научно-техническую документацию в соответствии со стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами; организовывать метрологическое обеспечение электроэнергетического и электротехнического оборудования; составлять оперативную документацию, предусмотренную правилами технической эксплуатации оборудования и организации работы.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



Институт Энергетический

Направление подготовки (специальность) 13.04.02 – «Электроэнергетика и электротехника»

Кафедра Электроснабжения промышленных предприятий

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись)

(Дата)

(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
5АМ4К	Бондарев Станислав Андреевич

Тема работы:

Гибридная ветро-дизельная система электроснабжения	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	От 04.02.2016 г. № 764/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатрат; экономический анализ и т. д.).

- Объект проектирования: гибридная-ветродизельная система электро-снабжения поселка Первопашенск (Томская область);
- Производительность: годовой отпуск электроэнергии составляет 151,9 тысяч кВтч;
- Вид электрической нагрузки: сельская бытовая нагрузка;
- Категория электроприемников по надежности электроснабжения: III категория
- Режим работы: непрерывный;
- Вид сырья: дизельное топливо.

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Аналитический обзор литературы с целью выяснения достижений мировой науки и техники в отношении использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ), а также построения гибридных систем электроснабжения (СЭС). Изучение нормативно-правовой базы Российской Федерации в отношении ВИЭ; - Постановка задачи проектирования: проектирование гибридной ветро-дизельной системы электроснабжения поселка; - Осуществление проектирования: исследование действующей системы электроснабжения поселка, анализ нагрузки, исследование потенциала энергии ветра, выбор структурной схемы СЭС, выбор оборудования ДЭС, выбор оборудования ВЭС, технико-экономическое обоснование проекта; - Разработка рекомендаций по выбору основного оборудования гибридных ветро-дизельных электрических станций; - Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»; - Раздел «Социальная ответственность»; - Заключение по работе.
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Рисунок 10 – Структурная схема гибридной ветро-дизельной СЭС; Рисунок 23 – Блочная схема гибридной ветро-дизельной СЭС. Рисунок 24 – План размещения гибридной ветро-дизельной СЭС;</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</p>	<p>Грахова Елена Александровна</p>
<p>«Социальная ответственность»</p>	<p>Бородин Юрий Викторович</p>
<p>Раздел магистерской диссертации, выполненный на иностранном языке</p>	<p>Матухин Дмитрий Леонидович</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>Литературный обзор</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	
--	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Лукутин Б.В.	Д.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM4K	Бондарев Станислав Андреевич		

Задание для раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Студенту:

Группа	ФИО
5АМ4К	Бондареву Станиславу Андреевичу

Институт	ЭНИН	Кафедра	Электроснабжение промышленных предприятий
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	13.04.02 – «Электроэнергетика и электротехника»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Для проведения научно исследовательской работы потребуются следующие ресурсы: — материально-технические ресурсы; — финансовые ресурсы для оплаты труда исполнителям проекта; — человеческие ресурсы.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность»
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления по страховым взносам – 30 %
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Определение потребителя результатов НТИ. Не является коммерческим проектом.
2. Разработка устава научно-технического проекта	Не разрабатывался
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Разработка календарного плана, формирование сметы расходов на осуществление проектно-исследовательской деятельности
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Оценка энергетической и ресурсной эффективности, оценка экономического эффекта
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. Диаграмма Ганта	
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Грахова Елена Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ4К	Бондарев Станислав Андреевич		

Задание для раздела «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5АМ4К	Бондареву Станиславу Андреевичу

Институт	ЭНИН	Кафедра	Электроснабжение промышленных предприятий
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	13.04.02 – «Электроэнергетика и электротехника»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание рабочего места на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера) 	<p>1. Помещение машинного зала ветро-дизельной электростанции</p> <ul style="list-style-type: none"> - Проявление вредных факторов производственной среды: шум, вибрация, электромагнитное излучение, повышенная или пониженная температура в рабочей зоне - Проявление опасных факторов производственной среды: движущиеся части дизель-генератора, поражение электрическим током; - Проявление ЧС в производственной среде: возникновение пожара.
<p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	<p>1. ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация</p> <p>2. Правила устройства электроустановок</p> <p>3. Нормы технологического проектирования ДЭС</p> <p>4. Правила технической эксплуатации ДЭС</p> <p>5. ГОСТ 12.1.003-2014 Шум. Общие требования безопасности.</p> <p>6. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов.</p> <p>7. СП 51.13330.2011 Защита от шума.</p> <p>8. СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование.</p> <p>9. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.</p> <p>10. СНиП 21-01-97 Пожарная безопасность зданий и сооружений.</p> <p>11. СНиП 2.01.02-85 Противопожарные нормы.</p> <p>12. РД 153.-34.0-03.301-00 Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий.</p> <p>13. Трудовой кодекс Российской Федерации</p> <p>14. ГОСТ 12.1.030-81. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.</p> <p>15. ФЗ от 22.07.2008 № 123-ФЗ (ред. от 13.07.2015) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»</p> <p>16. СО 153-34.03.305-2003 Инструкция о мерах пожарной безопасности при проведении огневых работ на энергетических предприятиях.</p> <p>17. РД 34.49.503-94 Типовая инструкция по содержанию и применению первичных средств пожаротушения на объектах энергетической отрасли.</p>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства) 	<p>Физико-химические факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. вибрация; 2. шум; 3. электромагнитное излучение; 4. повышенная/пониженная температура.
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения) 	<ul style="list-style-type: none"> - Электробезопасность: поражение электрическим током. - Термические опасности: термический ожог. - Пожаробезопасность: опасность возгорания топлива
3. Охрана окружающей среды:	Уменьшение объема вредных выбросов от ДЭС
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий 	<ul style="list-style-type: none"> - Возможные ЧС: пожар. - Пожар. - Устройства оповещения при пожаре, датчики дыма; - Требования пожарной безопасности; - Меры персонала при пожаре;
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны 	Организационные мероприятия по обеспечению электробезопасности персонала: расчет защитного заземления дизель-генератора.
Перечень графического материала:	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Бородин Ю.В.	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM4K	Бондарев Станислав Андреевич		

Реферат

Данная магистерская диссертация содержит пояснительную записку, содержащую 144 страницы, 24 рисунка, 40 таблиц, 1 приложение, 65 источников.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, гибридная ветро-дизельная система электроснабжения, ветропотенциал, график нагрузки, ветроустановка.

Объектом исследования является гибридная ветро-дизельная система электроснабжения поселка Первопашенск в Томской области.

Цель работы – проектирование гибридной ветро-дизельной системы электроснабжения поселка, разработка рекомендаций по выбору основного энергетического оборудования ветро-дизельных электростанций.

Для достижения поставленной цели решается ряд задач:

- Выполняется аналитический обзор литературы по интересующей проблеме;
- Рассматривается состояние малой энергетики Томской области;
- Выполняется построение и анализ графиков нагрузки потребителя;
- Осуществляется анализ существующей системы электроснабжения поселка;
- Определяется потенциал возобновляемого энергоресурса (в данном случае ветра) в районе поселка;
- Осуществляется выбор структурной схемы гибридной системы электроснабжения;
- Выбирается основное оборудование дизельной и ветроэлектростанций;
- Осуществляется расчет энергетического баланса гибридной системы электроснабжения;
- Выполняется технико-экономическое обоснование построения гибридной системы электроснабжения;

- Разрабатываются рекомендации по выбору основного энергетического оборудования гибридных ветро-дизельных систем электроснабжения.

В результате разработан проект гибридной ветро-дизельной системы электроснабжения, исследован технико-экономический эффект от замены существующей системы электроснабжения гибридной. Разработаны практические рекомендации по выбору основного оборудования таких энергетических комплексов.

Гибридные ветро-дизельные электростанции могут внедряться для электроснабжения поселков, находящихся в зонах автономного электроснабжения и прочих объектов (фермы, предприятия и т.д.).

Внедрение возобновляемых источников энергии в традиционные системы электроснабжения позволяет достигнуть значительного улучшения технико-экономических показателей децентрализованных систем электроснабжения, оптимизировать режимы работы этих систем, сэкономить финансовые средства, технический ресурс энергетического оборудования и человеческие ресурсы.

При выполнении диссертационной работы были использованы законы физики, законы электротехники, метод математического анализа, метод математической статистики.

В ходе выполнения магистерской диссертации было использовано специализированное программное обеспечение и системы автоматизированного проектирования (САПР): пакет ПО Microsoft Office, Mathcad, Компас.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.0.003-74. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

ГОСТ 12.1.003-2014 Межгосударственный стандарт. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

ГОСТ 12.1.030-81 Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.

ГОСТ 15.101-98 Порядок выполнения научно-исследовательских работ.

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Возобновляемая энергия – энергия из источников, являющихся неисчерпаемыми по человеческим масштабам.

Возобновляемые источники энергии – это энергоресурсы постоянно существующих природных процессов на планете, а также энергоресурсы продуктов жизнедеятельности биоценозов растительного и животного происхождения.

Ветроэнергетика – отрасль энергетики, связанная с разработкой методов и средств преобразования энергии ветра в механическую, тепловую или электрическую энергию.

Ветровой потенциал – полная энергия ветрового потока какой-либо местности на определенной высоте над поверхностью земли.

Ветроэнергетическая установка (ВЭУ) – комплекс взаимосвязанного оборудования и сооружений, предназначенный для преобразования энергии ветра в другие виды энергии (механическую, тепловую, электрическую и т.д.).

Электроустановка - совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования, предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования ее в другие виды энергии.

Электроснабжение - обеспечение потребителей электрической энергией.

Система электроснабжения - совокупность электроустановок, предназначенных для обеспечения потребителей электрической энергией.

Электрическая сеть - совокупность подстанций, распределительных устройств и соединяющих их электрических линий, размещённых на территории района, населённого пункта, потребителя электрической энергии.

Приемник электрической энергии (электроприемник) - аппарат, агрегат, механизм, предназначенный для преобразования электрической энергии в другой вид энергии.

Потребитель электрической энергии - электроприемник или группа электроприемников, объединенных технологическим процессом и размещаемых на определенной территории.

График электрических нагрузок - графическое отображение изменения потребляемой мощности в течение рассматриваемого периода времени (сутки, месяц, год).

Гибридная ветро-дизельная система электроснабжения – система, состоящая из ВЭУ и дизель-генераторов, используемых в качестве резервного или дополнительного источника электроэнергии.

В данной работе встречаются следующие сокращения:

ВИЭ – возобновляемые источники энергии

НВИЭ – нетрадиционные возобновляемые источники энергии

ВЭУ – ветроэнергетическая установка

ВЭС – ветроэлектрическая станция

ДЭС – дизельная электростанция

ДГУ – дизель-генераторная установка
СЭС – система электроснабжения
КПД – коэффициент полезного действия
АВР – автоматический ввод резерва
ВДК – ветро-дизельный комплекс
ВДЭС – ветро-дизельная электростанция
ВЛ – воздушная линия
ВН – высшее напряжение
СН – среднее напряжение
НН – низшее напряжение
АБ - аккумуляторная батарея
ГСМ – горюче-смазочные материалы
САПР – система автоматизированного проектирования

Оглавление

Введение	15
1 Литературный обзор	17
1.1 Тенденции развития возобновляемой энергетики в России и мире	17
1.1.1 Достоинства и недостатки возобновляемых источников энергии	17
1.1.2 Энергетический потенциал ресурсов возобновляемых источников энергии в России	19
1.1.3 Динамика развития альтернативной энергетики в России и мире	22
1.2 Нормативно-правовое регулирование в сфере возобновляемой энергетики в России	29
1.3 Перспективы применения гибридных ветро-дизельных систем электроснабжения в децентрализованной энергетике России	37
2 Проектирование гибридной ветро-дизельной системы электроснабжения	42
2.1 Анализ состояния децентрализованной энергетики Томской области	42
2.2 Потенциал возобновляемых источников энергии в Томской области	45
2.3 Построение графиков электрических нагрузок потребителей	47
2.4 Оценка потенциала возобновляемого источника энергии (ветропотенциала) в районе поселка	52
2.5 Выбор структурной схемы ветро-дизельной системы электроснабжения	55
2.6 Определение рациональной мощности и выбор оборудования дизельной электростанции	58
2.7 Выбор оборудования ветроэлектростанции	70
2.8 Расчет энергетического баланса гибридной ветро-дизельной системы электроснабжения	79
2.9 Техничко-экономическое обоснование целесообразности построения гибридной системы электроснабжения	80
3 Рекомендации по выбору оборудования гибридных ветро-дизельных систем электроснабжения	85

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	93
4.1 Оценка коммерческого и инновационного потенциала	93
4.2 Планирование комплекса научно-исследовательских работ	94
4.2.1 Составление перечня работ	94
4.2.2 Определение трудоемкости работ	95
4.2.3 Построение графика работ	97
4.3 Расчет бюджета проектно-исследовательских работ (ПИР)	99
4.3.1 Расчет материальных затрат ПИР	99
4.3.2 Затраты на специальное оборудование и программное обеспечение	100
4.3.3 Расчет заработной платы персонала	101
4.3.4 Расчет страховых отчислений	102
4.3.5 Расчет накладных расходов	103
4.3.6 Формирование бюджета затрат ПИР	103
4.4 Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	104
5 Социальная ответственность	106
5.1 Производственная (техногенная) безопасность	106
5.2 Экологическая безопасность	110
5.3 Требования пожарной безопасности	112
5.4 Расчет заземления дизель-генераторной установки	116
Заключение	121
Список используемых источников	122
Приложение А. Раздел ВКР, выполненный на английском языке	128

Введение

Актуальность темы диссертационной работы. Децентрализованное электроснабжение характерно для огромной части территории Российской Федерации. В большинстве своем децентрализованная энергетика представлена дизельными электростанциями (ДЭС), работающими на привозном дизельном топливе.

Для оптимизации работы ДЭС, экономии топлива и технического ресурса дизельных агрегатов, повышения надежности электроснабжения потребителей целесообразно вводить в автономные системы электроснабжения возобновляемые источники энергии (ВИЭ). Таким образом, гибридные автономные системы электроснабжения на базе ДЭС с ветрогенераторами или солнечными панелями способны решить ряд насущных проблем децентрализованной энергетике.

Применение ВИЭ в составе автономных гибридных энергетических комплексов позволяет снизить топливную составляющую в себестоимости генерируемой электроэнергии, что значительно повышает их технико-экономическую эффективность. Эффективность гибридных систем электроснабжения зависит, во многом, от характеристик входящего в неё оборудования и режимов работы гибридного энергетического комплекса. Важной оптимизационной задачей является согласование режимов работы компонентов, входящих в состав ветро-дизельных электростанций между собой и потребителем.

Объектом исследования являются гибридные ветро-дизельные системы электроснабжения.

Предметом исследования является проектирование гибридного ветро-дизельного энергетического комплекса для электроснабжения поселка.

Цель работы: разработка рекомендаций по выбору основного энергетического оборудования ВДЭС.

Для осуществления поставленной цели в диссертационной работе решается ряд задач, разбитых по главам.

В первой главе производится обзор литературы по рассматриваемой проблеме, рассматривается динамика развития ВИЭ в России и в мире, оцениваются перспективы развития на ближайшее будущее, рассматриваются нормативно-правовые документы, связанные с ВИЭ в целом и ветро-дизельными комплексами в частности.

Во второй главе рассматривается малая энергетика Томской области. Осуществляется проектирование гибридной ветро-дизельной системы электроснабжения поселка Первопашенска в Томской области: оценивается потенциал энергии ветра в местности, осуществляется выбор основного энергетического оборудования ВЭС и ДЭС, выполняется расчет экономической эффективности проекта.

В третьей главе разработаны рекомендации по выбору электрооборудования гибридных ветро-дизельных энергетических комплексов.

При выполнении диссертационной работы были использованы законы физики, законы электротехники, метод математического анализа, метод математической статистики.

В ходе выполнения магистерской диссертации было использовано специализированное программное обеспечение и системы автоматизированного проектирования (САПР): пакет ПО Microsoft Office, Mathcad, Компас.

1 Литературный обзор

1.1 Тенденции развития возобновляемой энергетики в России и мире

1.1.1 Достоинства и недостатки возобновляемых источников энергии

Несмотря на значительные изменения в сфере энергоэффективности и повышения экологической безопасности производства электроэнергии, современная энергетика в большинстве своем все еще остается привязанной к углеводородному топливу.

Вместе с тем, одной из отличительных черт современной мировой энергетики является рост внимания к использованию нетрадиционных возобновляемых источников энергии (НВИЭ). Такой интерес обусловлен некоторыми преимуществами ВИЭ, в сравнении с традиционными энергоисточниками. Выделим основные достоинства ВИЭ [1, 2]:

- Неисчерпаемость ВИЭ, в отличие от традиционных источников энергии: углеводородов, ядерного топлива и т.д. Учитывая непрерывно возрастающие запросы человечества в электроэнергии, рано или поздно возникнет дефицит энергоресурсов, следовательно, необходимо предусмотреть альтернативу, в качестве которой многие видят НВИЭ.

- ВИЭ позволяют облегчить или совсем нивелировать экологические проблемы энергетики, главные из которых – парниковый эффект как следствие загрязнения атмосферы продуктами сгорания органического топлива тепловых электростанций (углекислый газ, азот, оксиды серы и т.д.), радиоактивное загрязнение окружающей среды атомными электростанциями, проблема утилизации радиоактивных отходов и др.

- Широкое распространение ВИЭ – теоретически подсчитано, что с квадратного метра земной поверхности, используя различные виды альтерна-

тивных источников энергии, можно получить, в среднем, 500 Ватт мощности [1, с. 7], однако добиться такого на нынешнем уровне развития техники невозможно.

- Инфраструктурные преимущества близости ВИЭ к потребителю позволяют сократить инвестиционный цикл для большинства видов ВИЭ.

- Близость ВИЭ к потребителю также позволяет избавиться от импортозависимости, сократить или вовсе убрать затраты на топливо и его транспортировку. Данная проблема особо актуальна для стран Европы, не имеющих собственных энергоресурсов. В России также есть как целые регионы, энергетически зависимые от привозного топлива (Камчатка), так и множество удаленных от централизованного электроснабжения и месторождений энергоресурсов населенных пунктов.

- Внедрение ВИЭ может ослабить негативное влияние ценовой нестабильности углеводородов на мировую экономику, уменьшив, к примеру, влияние нефтяных гигантов на формирование курса мировой экономики.

- Использование ВИЭ как особняком, так и совместно с традиционными источниками энергии (так называемые «гибридные системы») позволяет повысить энергоэффективность и энергосбережение.

Вышеперечисленные преимущества возобновляемых источников энергии позволили возобновляемой энергетике завоевать доверие энергетиков во всем мире и прочно утвердиться на рынке.

Но помимо очевидных достоинств, ВИЭ имеют еще и недостатки, которые нельзя игнорировать и которые формируют специфику использования альтернативных источников энергии. Перечислим основные [1]:

- Стохастический (переменный) характер, особенно присущий таким видам ВИЭ, как солнечная и ветровая энергия. Изменчивость первичного энергоресурса во времени вызывает необходимость в использовании устройств-накопителей энергии, либо резервный энергоисточник (как правило, традиционный), что приводит к повышению стоимости производимой электроэнергии.

- Низкая энергетическая плотность, выражающаяся в низкой удельной мощности потока энергоносителя. Иными словами, КПД преобразования первичного энергоресурса в электроэнергию невысок, что приводит к необходимости увеличения массогабаритов преобразовательных установок, что приводит к громоздкости систем и повышению стоимости оборудования.

Повышение энергоэффективности установок на базе ВИЭ является актуальной проблемой, решаемой различными способами. Основных путей повышения энергоэффективности два [1]:

- улучшение технико-экономических показателей самого энергооборудования;

- оптимизация режимов работы и энергетического баланса систем на основе ВИЭ, с учетом изменчивости первичного энергоресурса и нагрузки.

В ноябре 2007 года агентство крупнейший исследовательский холдинг России РОМИР по заказу Всемирного фонда дикой природы (WWF) провел социологическое исследование, чтобы выяснить позицию россиян по поводу возобновляемой энергетики. В результате почти 50% россиян выразили готовность переплачивать за экологически чистую энергию. WWF России провел также опрос среди своих сторонников – 80% респондентов оказались готовы переплачивать за «зеленую» энергию [2, с. 13-14].

1.1.2 Энергетический потенциал ресурсов возобновляемых источников энергии в России

Качество энергии возобновляемого источника можно определить через коэффициент полезного действия (КПД), определяющий долю энергии первичного энергоисточника (ветер, солнечная инсоляция и т.д.), которую можно преобразовать в электроэнергию. Наибольшими коэффициентами полезного действия характеризуются гидроэнергия (0,6-0,7) и ветроэнергия (0,3-0,4). КПД тепловых и лучистых видов ВИЭ (геотермальная энергия, сол-

нечная энергия) составляет порядка 0,3-0,35. КПД биотоплива составляет не более 0,3 [1].

Энергетический потенциал может быть оценен валовым потенциалом ВИЭ, техническим потенциалом ВИЭ и экономическим потенциалом ВИЭ.

Валовым потенциалом называют все количество энергии, заключенное в энергоресурсе, при условии полезного использования ее с КПД, равным 1, т.е., полного.

Техническим потенциалом называют долю валового потенциала, преобразование которого в полезную энергию возможно при существующем уровне развития науки и техники.

Экономический потенциал характеризует часть технического потенциала, которую можно преобразовать в полезную энергию при наличии конкретных экономических условий [1].

Валовый энергетический потенциал всех возобновляемых энергоресурсов, которыми располагает Россия, оценен в $2,34 \cdot 10^6$ млн. т.у.т. В результате оценки объема технически доступных возобновляемых энергоресурсов в России, итоги которой приведены в Распоряжении Правительства России от 8 января 2009 г. №1-р, потенциал всех ВИЭ эквивалентен не менее 4,6 млрд. т.у.т., что превышает энергобаланс страны в 2 раза, а внутреннее энергопотребление – в 5 раз [2].

Экономический потенциал возобновляемых источников энергии России был оценен Институтом экономических стратегий Российской Академии Наук – он составил около 280 млн. т.у.т. в год, что на 25 % больше внутреннего потребления энергоресурсов за год в стране. Экономический потенциал ВИЭ возрастает с возрастанием цен на традиционное топливо.

Институт физико-технических проблем Севера также проделал большую работу, связанную с оценкой технико-экономического потенциала ВИЭ.

На рисунке 1 представлена диаграмма, показывающая распределение экономического и технического потенциала ВИЭ России [2].

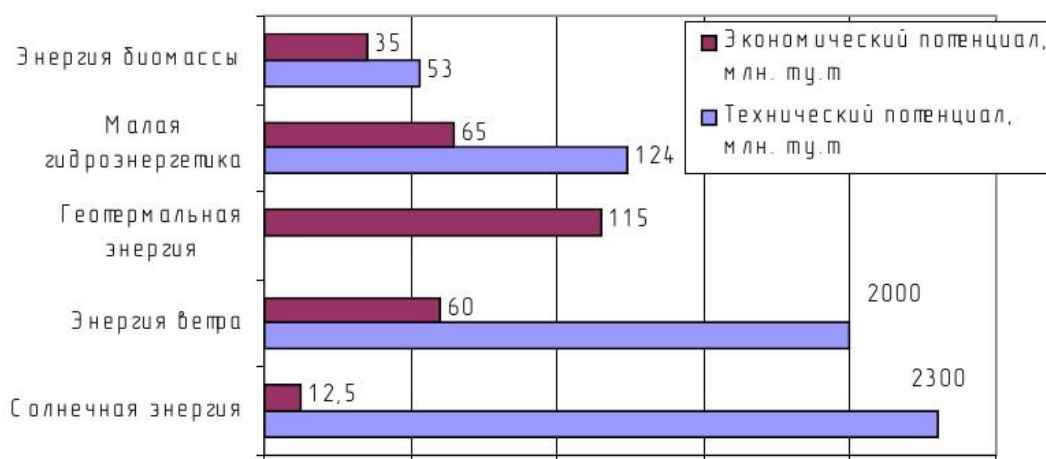


Рисунок 1 – Технический и экономический потенциал ВИЭ России

В таблице 1 представлены данные по теоретическому и техническому потенциалу ВИЭ России и мира [1].

Таблица 1 – Сосредоточение ресурсов возобновляемых источников энергии в России и мире

Вид энергии ВИЭ	Ресурсы теоретические, млн. т.у.т.		Ресурсы технические, млн. т.у.т.	
	в мире	в России	в мире	в России
Солнечная энергия	$1,3 \cdot 10^8$	$2,3 \cdot 10^6$	$5,3 \cdot 10^4$	$2,3 \cdot 10^3$
Ветровая энергия	$2,0 \cdot 10^5$	$2,6 \cdot 10^4$	$2,2 \cdot 10^4$	$2,0 \cdot 10^3$
Геотермальная энергия	$4,8 \cdot 10^9$	-	$1,7 \cdot 10^5$	$1,0 \cdot 10^2$
Мирового океана	$2,5 \cdot 10^5$	-	-	-
Энергия биомассы	$9,9 \cdot 10^4$	10^4	$9,5 \cdot 10^3$	53
Гидроэнергия	$5,0 \cdot 10^3$	$3,6 \cdot 10^2$	$1,7 \cdot 10^3$	$1,2 \cdot 10^2$

На сегодняшний день в наибольшей степени задействован экономический потенциал гидроэнергетики и энергии биомассы, в наименьшей степени – энергии Солнца и ветра.

Таким образом, потенциала энергоресурсов ВИЭ в России более чем достаточно для полного удовлетворения энергетических потребностей страны.

1.1.3 Динамика развития альтернативной энергетики в России и мире

Можно смело говорить о том, что мировая возобновляемая энергетика преодолела этап становления и набирает обороты.

К настоящему времени национальные планы по развитию возобновляемой энергетики разработали и активно осуществляют более 40 государств.

Так, 23 января 2008 года была принята Брюссельская директива «О стимулировании использования энергии возобновляемых источников», которая поставила перед Евросоюзом следующие задачи:

- к 2020 году обеспечить достижение доли ВИЭ 20% от общего объема генерации;
- сократить выброс парниковых газов на 20%;
- довести долю использования биотоплива до 10 % от общего потребления энергии;
- развитие технологий в области энергосбережения.

Ассоциация ветроэнергетики Канады (CanWEA) в 2008 году опубликовала прогноз развития ветроэнергетики до 2025 года, согласно которому к 2025 году доля электроэнергии, производимой ветроэлектростанциями, должна составить 20 % от всей генерируемой в стране энергии.

В Китае, который последние 15 лет переживает бум в области возобновляемой энергетики и уже вышел в мировые лидеры по использованию ВИЭ, было принят план, согласно которому к 2020 году 10% потребностей страны в электроэнергии будет обеспечено за счет альтернативных источников энергии. Следует отметить, что с 2005 года в Китае действует закон «О возобновляемой энергетике». Китай всячески поддерживает развитие ВИЭ и внедряет собственные производства оборудования для возобновляемой энергетики, ежегодно инвестирует огромные средства в возобновляемую энергетику, осуществляет подготовку специалистов для эксплуатации объектов с ВИЭ [2].

После аварии на атомной электростанции Фукусима-1 Япония начала сворачивать программы развития атомной энергетики и обратила свой взор на возобновляемые источники энергии. Существует стратегия по обеспечению 20 % нужд страны в электроэнергии за счет ВИЭ к 2020 году, благодаря чему альтернативная энергетика получает серьезную поддержку государства и развивается быстрыми темпами [3].

В 2015 году 35 % электроэнергии Дании генерировалось ветроэлектростанциями.

Швеция намерена к 2020 году обеспечить как минимум 50 % электропотребления в стране за счет возобновляемой энергетики [2].

В таблице 2 представлена статистика по использованию ВИЭ в разных странах мира (IRENA – международное агентство по ВИЭ) [4].

Таблица 2 – Использование ВИЭ в мире, данные статистики за 2000-2014 гг.

Страна	Суммарная установленная мощность возобновляемых источников энергии, МВт						Место
	2000 г.	2006 г.	2008 г.	2010 г.	2012 г.	2014 г.	
Китай	80854	135500	188061	267189	339416	454935	1
США	114273	124669	140211	158207	183714	203467	2
Бразилия	64299	80202	84862	89456	96798	107488	3
Германия	16809	38592	46000	62556	82779	97413	4
Канада	69048	75971	78462	81010	83380	89518	5
Япония	49986	54201	55381	57869	62564	79573	6
Индия	27127	41825	50065	56345	66339	75263	7
Италия	22003	24838	27337	33700	50690	53998	8
Россия	43785	46025	46809	47062	48678	51337	9
Испания	20472	30957	39168	44854	49067	50229	10
Франция	26059	28104	30144	33908	38634	42075	11
Норвегия	28206	29122	29941	30270	31399	32081	12
Турция	11288	13234	14329	17369	22185	28073	13
Великобритания	5496	7898	9599	11962	18341	26938	14
Швеция	18319	20674	20467	22617	24157	25826	15
Океания	15930	16869	17894	19129	22032	24500	16
Австрия	12460	14871	15840	16255	17242	18131	17
Швейцария	13566	13763	13901	16145	16504	17150	18
Австралия	9681	10240	10866	11865	14614	16769	19
Мексика	10849	12340	13028	13808	14572	16295	20
Вьетнам	3399	4590	5995	8766	13665	15203	21

В таблице 2 приведена статистика по суммарной установленной мощности всех возобновляемых источников, включая традиционные ВИЭ, к которым относится большая гидроэнергетика. Согласно данной статистике Россия занимает 9 место в мире, однако, львиная доля всех ВИЭ приходится на крупные гидроэлектростанции. В отношении нетрадиционных возобновляемых источников энергии Россия пока катастрофически отстает по ряду причин, о которых пойдет речь ниже. Основу возобновляемой энергетики России составляют гидроэлектростанции, в большинстве своем являющиеся наследием энергетики СССР. Что же касается других, наиболее распространенных на сегодня способов получения «зеленой» энергии (ветроэнергетика, солнечная энергетика), то здесь, к сожалению, Россия пока еще является страной-аутсайдером.

В таблице 3 представлены составляющие возобновляемой энергетики России (состояние на 2014 год) [4].

Таблица 3 – Возобновляемая энергетика России

Отрасль возобновляемой энергетики	$P_{\Sigma, \text{уст}}$, МВт	Процент
Малая гидроэнергетика (< 1 МВт)	15	0,029218692
Средняя гидроэнергетика (1-10 МВт)	151	0,294134835
Большая гидроэнергетика (> 10 МВт)	49858	97,11903695
Гидроаккумулирующие станции	1216	2,368661979
Геотермальные станции	82	0,159728851
Ветроэлектростанции	15	0,029218692
Всего	51337	100

Как можем видеть из таблицы 3, на долю НВИЭ приходится менее 3 % от суммарной установленной мощности всех ВИЭ, а на долю ветроэлектростанций (ВЭС) не приходится даже десятой доли процента. Но ветер является главным нетрадиционным возобновляемым источником энергии в мире, а приращение суммарной установленной мощности ВЭС в мире составляет, 15-30 % в год.

Можно выделить следующие причины слабого развития ВИЭ в России:

- Упадок в стране после развала СССР. В Советском Союзе в 80-х годах существовала государственная программа по ускоренному развитию ветроэнергетической техники. Планировалось развернуть масштабную деятельность по проектированию, строительству и эксплуатации ветроэнергетических установок мощностью выше 100 кВт, предназначенных для работы в энергосистемах. Вскоре СССР прекратил свое существование, а все планы в большинстве своем остались на бумаге.

- Доминирование традиционных энергоресурсов. Россия обладает крупнейшими запасами углеводородов в мире, в особенности природного газа. Экономика страны построена на экспорте углеводородов. В связи с этим долгие годы возможность использования ВИЭ игнорировалась.

- Отсутствие законодательной базы по возобновляемой энергетике. В России нет полноценной нормативно-правовой базы по ВИЭ. Во всех странах, где успешно внедряются и развиваются проекты в области возобновляемой энергетики, есть сформированная нормативно-правовая база в отношении ВИЭ.

- Отсутствие государственной поддержки. Пример стран с развитой возобновляемой энергетикой говорит о необходимости государственной поддержки и регулирования вопросов, связанных с ВИЭ. В то время как крупнейшие развивающиеся страны мира (Китай, Индия, Бразилия) уже приняли во внимание перспективы ВИЭ и предпринимают меры по развитию альтернативной энергетики, Россия продолжает придерживаться консервативного курса в отношении энергетики и серьезных шагов навстречу ВИЭ пока не делается.

На рисунке 2 представлен график, показывающий рост установленной мощности ветроустановок в мире (период 2011-2015 гг.) [4].

Суммарная установленная мощность ветроустановок в мире (МВт)

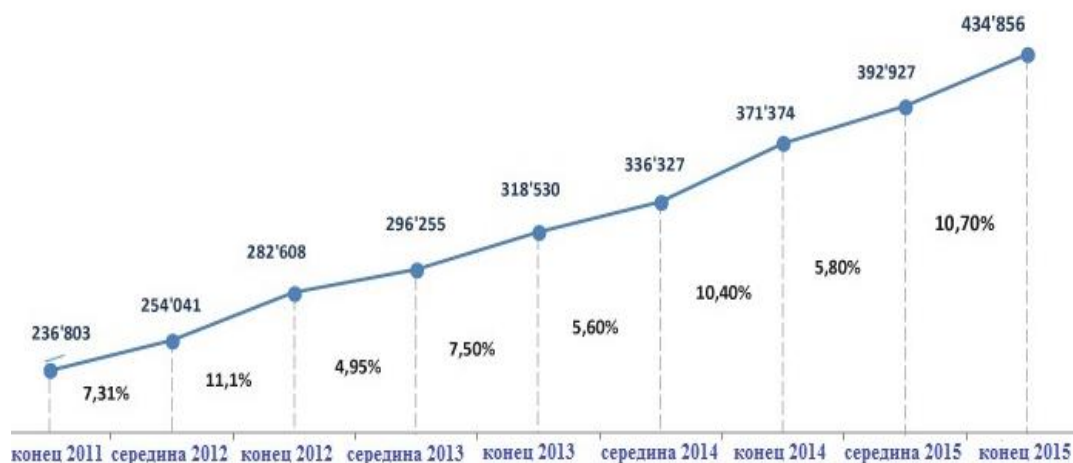


Рисунок 2 – Динамика развития ветроэнергетики в мире

Анализируя рисунок 2, можно сделать вывод о том, что за период 2011-2015 годов ежегодный прирост суммарной установленной мощности в мировой ветроэнергетике составил в среднем 15 %.

Таблица 4 – Рейтинг стран по использованию энергии ветра (WWEA) [5]

Позиция	Страна	Суммарная установленная мощность по итогам 2014 года, МВт	Введенные мощности за 2015 год, МВт	Прирост за 2015 год, %	Суммарная установленная мощность по итогам 2015 года
1	Китай	114763	32970	29,0	148000
2	США	65754	8598	13,1	74347
3	Германия	40468	4919	11,7	45192
4	Индия	22465	2294	10,2	24759
5	Испания	22987	0	0	22987
6	Великобритания	12440	1174	9,4	13614
7	Канада	9694	1511	15,6	11205
8	Франция	9296	997	10,7	10293
9	Италия	8663	295	3,4	8958
10	Бразилия	5962	2754	46,2	8715
11	Швеция	5425	615	11,1	6025
12	Польша	3834	1266	33,0	5100
13	Португалия	4953	126	2,5	5079
14	Дания	4883	217	3,7	5064
15	Турция	3763	955	25,4	4718
	Остальной мир	35799	5000	14,0	40800
	Всего (мир)	371374	63690	17,2	434856

По состоянию на 2005 год суммарная установленная мощность ВЭС в мире составляла 47893 МВт. Согласно данным WWEA (Всемирной ветроэнергетической ассоциации) на 2015 год суммарная установленная мощность ВЭС составила 434856 МВт [5].

Прошли времена, когда себестоимость производимой на ВЭС электроэнергии была намного выше по сравнению с традиционной энергетикой. На сегодняшний день энергия ветра – одна из самых дешевых.

Международное агентство по возобновляемой энергетике (IRENA) в январе 2015 года опубликовало результаты исследования «Стоимость генерации в возобновляемой энергетике в 2014 году». Целью данного исследования было сравнить стоимость нетрадиционной и традиционной генерации энергии. В результате исследования был получен вывод о том, что стоимость производства электроэнергии на основе ВИЭ сравнялась со стоимостью традиционной генерации или даже стала меньше. Согласно отчету, стоимость одного кВтч электроэнергии отдельных проектов ветроэнергетики составляет 0,05 долларов, тогда как для электростанций, работающих на ископаемом топливе, стоимостной интервал составляет 0,045-0,14 долларов/кВтч. С результатами исследования IRENA совпадают результаты исследования, проведенного инвестиционным банком Lazard (данные США) в 2014 году, которое называется «Анализ приведенной стоимости энергии». Согласно этому исследованию, самая дешевая энергия на сегодняшний день (без учета субсидий) – это энергия ветра. По итогам исследования приведенная стоимость энергии, производимой ветроэлектростанциями (LCOE – the levelized cost of electricity), составляет 37-81 долларов/МВтч, для газовой генерации – 61-87 долларов/МВтч, для угольно - 66-151 долларов/МВтч [6]. Снижение стоимости нетрадиционной генерации в сравнении с традиционной связано, во-первых, с топливной составляющей, во-вторых, с повышением требований к экологической безопасности производства электроэнергии.

Согласно прогнозным расчетам Института энергетической стратегии (ГУ ИЭС, г. Москва), роль ВИЭ станет ключевой в производстве электро-

энергии в развитых странах. Производство электроэнергии на базе ВИЭ повысится к 2030 г. по сравнению с уровнем 2010 г. в 8 раз и станет 4790 млрд. кВтч, а к 2050 г. – 8450 млрд. кВтч. Доля ВИЭ в производстве электроэнергии в мире возрастет с 2,9 % в 2010 г. до 14,2 % в 2030 г. и 20,1 % в 2050 г. (не учитывая крупную гидроэнергетику и энергию биомассы).

В структуре альтернативной энергетики в будущем, как и в настоящем, будет преобладать ветроэнергетика (ее доля увеличится с 50 до 75 %), поскольку другие виды ВИЭ будут сосредоточены на производстве тепловой энергии. В развитых странах альтернативная энергетика будет достигать до 21 % производства электроэнергии к 2030 г. и 31 % - к 2050 г. (в Евросоюзе – до 38 % и 50 % соответственно). В развивающихся странах ее доля составит не более 19% к 2050 г. [7].

Расчеты института энергетической стратегии (ГУ ИЭС, г. Москва) по динамике роста мощности ВИЭ в перспективе до 2050 года представлены на рисунке 3 [7].

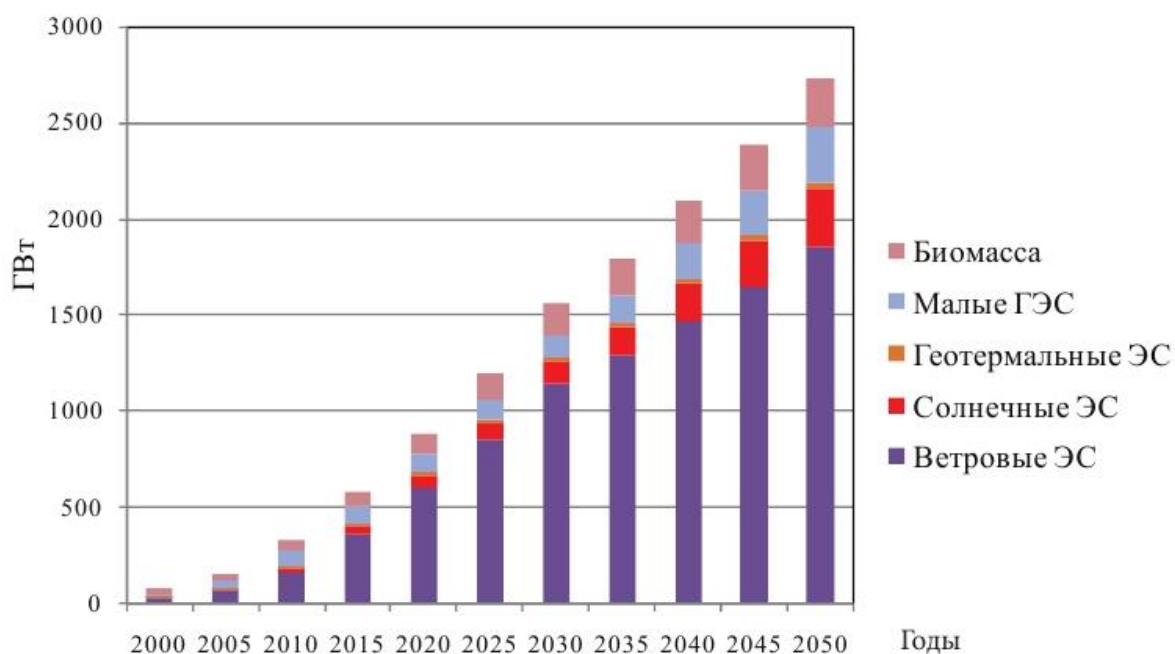


Рисунок 3 – Динамика роста мощности возобновляемой энергетики в 2000-2050 гг.

На основании приведенных фактов можно сделать вывод о том, что возобновляемая энергетика динамично развивается не только в ряде развитых стран, но и развивающиеся страны, такие как Китай, осознали выгоду применения ВИЭ и активно развивают эту отрасль энергетики у себя в стране. Так как развитие ВИЭ невозможно без развития технологий, то можно говорить о положительном влиянии альтернативной энергетической стратегии на развитие науки и техники, а также производства, что позитивно отражается на международном престиже стран-лидеров в области возобновляемой энергетики. Анализируя динамику приращения мощностей ВИЭ, можно прогнозировать значительное увеличение доли ВИЭ в мировом энергетическом балансе в ближайшие десятилетия.

1.2 Нормативно-правовое регулирование в сфере возобновляемой энергетики в России

Для полноценного и успешного развития НВИЭ необходимо государственное регулирование и поддержка государственных структур. Например, европейские страны с успехом используют стратегию планирования развития возобновляемой энергетики, устанавливая конкретные цели. И это дает более чем хорошие результаты, зачастую планы выполняются с опережением оговоренных цифр. В странах-лидерах по доле использования ВИЭ в энергобалансе (Германия, Швеция, Дания) осуществляются государственные программы поддержки возобновляемой энергетики. Грамотная стратегия вкупе с мощной государственной поддержкой и крупными финансовыми вливаниями в сектор ВИЭ позволили Китаю в короткий срок выйти на первое место в мире по использованию альтернативных энергоисточников.

В России долгое время не было нормативно-правовой базы регулирования ВИЭ на федеральном уровне. Были некоторые региональные законы, касающиеся ВИЭ, но глобально вопросом не занимались. Анализируя сего-

дняшнюю ситуацию в отечественной энергетике, можно говорить о том, что серьезной государственной заинтересованности и поддержки возобновляемой энергетики нет и по сей день.

За несколько лет до кризиса в России были предприняты некоторые попытки создания нормативно-правовой базы развития ВИЭ. В конце 2007 года к Федеральному закону «Об электроэнергетике» от 26.03.2003г. №35-ФЗ [8] были приняты поправки, которые заложили основы развития ВИЭ. В качестве поправок, инициатором которых явилось РАО «ЕЭС России», выступили принятые в законе статьи, ориентированные на стимулирование развития альтернативной энергетики в стране. Принятые поправки впервые дали определение возобновляемым источникам энергии в законодательстве Российской Федерации (статья 3 глава 1 ФЗ) и определили задачи для Правительства по развитию ВИЭ, установили полномочия государственных органов в области регулирования и поддержки ВИЭ.

Согласно статье 21 главы 5 Федерального закона [8], Правительством Российской Федерации осуществляется поддержка использования ВИЭ и стимулирование использования энергоэффективных технологий в соответствии с бюджетным законодательством РФ.

Также, согласно статье 21 главы 5 Федерального закона [8], предусматривается предоставление субсидий из государственного бюджета для компенсации стоимости технологического присоединения к энергосистеме генерирующих объектов, функционирующих на основе ВИЭ, с установленной мощностью не менее 25 МВт. Предусматривается стимулирование ВИЭ путем продажи генерируемой с их помощью электрической энергии на оптовом рынке по равновесным ценам с учетом надбавки (определяется Правительством) или путем продажи мощности. При этом генерирующий объект должен получить статус квалифицированного генерирующего объекта.

Статья 41 главы 7 Федерального закона [8] гласит о компенсации потерь сетевыми организациями за счет энергии, произведенной генерирующими объектами на базе ВИЭ.

Таким образом, поправки, внесенные в Федеральный закон «Об электроэнергетике», предусматривают стимулирование объектов ВИЭ мощностью не менее 25 МВт, включаемых в объединенные энергосистемы. Однако они никак не относятся к зонам с децентрализованным энергоснабжением, где мощность установок ВИЭ может не достигать и 100 кВт, а экономический эффект от ВИЭ максимален.

Затем последовал ряд документов, конкретизирующих поставленные в Федеральном законе задачи, например, Постановление Правительства Российской Федерации от 23.01.2015 г. №47 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам стимулирования использования возобновляемых источников энергии на розничных рынках электрической энергии» [9]. Этот документ утвердил правила квалификации генерирующих объектов, функционирующих на основе применения ВИЭ, уточнил положения по формированию тарифов на электроэнергию, генерируемую с помощью ВИЭ. Правительство РФ постановило Федеральной службе по тарифам утвердить методические указания по установлению цен (тарифов) на электроэнергию, произведенную на генерирующих объектах, функционирующих на основе ВИЭ.

Федеральная антимонопольная служба Российской Федерации выпустила приказ от 30.09.2015 г. №900/15 «Об утверждении методических указаний по установлению цен (тарифов) и (или) предельных (минимальных и (или) максимальных) уровней цен (тарифов) на электрическую энергию (мощность), произведенную на функционирующих на основе возобновляемых источников энергии квалифицированных генерирующих объектах и приобретаемую в целях компенсации потерь в электрических сетях» [10].

В пункте «г» Указа Президента Российской Федерации Д.А. Медведева от 04.06.2008 г. №889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики» [11] Правительству было поручено предусмотреть бюджетные ассигнования, необходимые для поддержки и стимулирования реализации проектов использования ВИЭ и

экологически чистых производственных технологий. Статистические данные о результативности данного указа для возобновляемой энергетики России в свободном доступе не представлены.

Распоряжение Правительства Российской Федерации от 08.01.2009 №1-р «Об основных направлениях государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 года» [12] определяет цели и принципы использования ВИЭ, содержит значения целевых объемов генерации и потребления электрической энергии, произведенной на базе ВИЭ и предлагает меры по достижению данных целевых показателей.

В соответствии с этим распоряжением к 2020 году планируется долю ВИЭ в производстве электроэнергии увеличить до 4,5%, не учитывая крупные ГЭС, и до 19-20% с учетом последних.

В соответствии с прогнозами соотношение генерирующих мощностей к 2020 году будет выглядеть следующим образом:

- доля энергии гидроэлектростанций изменится с 47 млн. кВт (20,6%) до 57-59 млн. кВт (18,3-19,7%), атомных электростанций - с 24 млн. кВт (10,5%) до 35-41 млн. кВт (12,1-12,9%), электростанций с ВИЭ (не учитывая большие ГЭС) – с 2,2 млн. кВт. до 25,3 млн. кВт;

- в потреблении топлива тепловыми электростанциями доля газа будет снижена с 69% до 61-66% в 2020 г., доля угля вырастет от 26,2% до 30-35%, объем потребления газа при этом увеличится приблизительно на 10%, угля – в 1,35 – 1,75 раза;

- прирост генерации электроэнергии на гидроэлектростанциях мощностью более 25 МВт составит от 168 млрд. кВтч (данные 2010 года) до 284 млрд. кВтч к 2020 году;

- производство теплоэнергии на основе использования ВИЭ увеличится с 63 млн. Гкал (данные 2010 года) до 121 млн. Гкал в 2020 году.

В рамках совершенствования нормативно-правовой базы был разработан и внесен в Государственную Думу проект Федерального закона «Об использовании альтернативных видов моторного топлива». Данный законопроект предусматривает меры по поддержке развития производства альтернативных видов моторного топлива. В рамках разрабатываемого проекта Федерального закона «О теплоснабжении», предусматриваются меры по развитию ВИЭ в сфере теплоснабжения.

В дальнейшем в рамках формирования и совершенствования нормативно-правовой базы предусмотрены следующие меры [12]:

- усовершенствование системы целевых показателей и обеспечение совершенствования государственной статистической отчетности;
- разработка и уточнение схемы размещения генерирующих объектов электроэнергетики на базе ВИЭ;
- обеспечение разработки и претворения в жизнь мер по привлечению внебюджетных инвестиций для сооружения новых и реконструкции действующих генерирующих объектов на базе ВИЭ, включая предусмотренные Федеральным законом №35-ФЗ меры – предоставление субсидий в порядке компенсации стоимости технологического присоединения к электрическим сетям квалифицированных генерирующих объектов, функционирующих на основе ВИЭ;
- разработка комплекса мер по поддержке развития малых предприятий, функционирующих на рынке энергосервиса в сфере электроэнергетики на базе ВИЭ.

С целью выравнивания конкурентных условий для производителей электроэнергии на основе использования ВИЭ и ископаемых видов органического топлива предусматривается [12]:

- установить и регулярно уточнять размеры и сроки действия надбавки, прибавляемой к равновесной цене оптового рынка на электрическую энергию для определения цены на электрическую энергию, произведенную на основе использования ВИЭ;

- установить обязанность по приобретению покупателями электрической энергии, произведенной на основе использования ВИЭ;

- реализовать меры по совершенствованию правового режима использования природных ресурсов для сооружения и эксплуатации электрогенерирующих объектов на основе использования ВИЭ;

- использовать механизмы дополнительной поддержки возобновляемой энергетики;

- разработать комплекс нормативно-правовых документов по внедрению мер поддержки ВИЭ, в первую очередь, надбавки, в механизмы функционирования оптового и розничных рынков электроэнергии (включая регионы, не объединенные в ценовые зоны оптового рынка), а также по их применению в изолированных энергозонах.

В сфере инфраструктурного обеспечения развития производства электрической энергии с использованием альтернативных источников энергии (ВИЭ) планируется [12]:

- повысить эффективность научного и технологического обслуживания развития альтернативной энергетики;

- использовать потенциал отечественной промышленности;

- создать информационную среду;

- осуществлять подготовку специалистов, а также разработку системы нормативно-технической и методической документации по проектированию, строительству и эксплуатации энергетических объектов на базе ВИЭ;

- оказывать поддержку созданию системы стимулирования потребителей электроэнергии.

Для реализации намеченных инициатив планируется подготовка ряда нормативно-правовых актов на уровне Правительства Российской Федерации.

Существуют также региональные законы по поддержке ВИЭ, например, закон Томской области от 01.12.2000 г. №55-ОЗ «Об использовании ло-

кальных нетрадиционных возобновляемых источников энергии в Томской области» [13].

Все вышеперечисленные документы, безусловно, свидетельствуют о положительной динамике принятия мер в поддержку возобновляемой энергетики, но главным документом, регулирующим все аспекты развития возобновляемой энергетики, безусловно, должен стать Федеральный Закон «О возобновляемых источниках энергии».

Данный закон позволил бы произвести диверсификацию Российской энергетики, установить курс на развитие ВИЭ в России, переориентировать энергетику с консервативного пути развития на путь модернизации и инноваций, дать толчок для развития отечественного энергетического машиностроения, наладить проектирование и производство высокотехнологичного оборудования для возобновляемой энергетики, что благоприятно сказалось бы на экономике страны и многое другое.

Данный Федеральный закон, в случае его принятия, должен предусматривать:

- разработку стратегии по увеличению доли ВИЭ в энергетике России, с конкретным целевым планированием и сроками;
- государственное финансирование и поддержку исследований, касающихся возобновляемых источников энергии (с одинаковым приоритетом как традиционных, так и нетрадиционных ВИЭ);
- государственную поддержку коммерческих организаций, занимающихся разработкой и внедрением технологий в сфере ВИЭ (льготы, целевые кредиты, гранты, налоговые послабления);
- государственную поддержку населения для граждан, изъявивших желание установить в своих домах системы тепло- и электроснабжения на базе ВИЭ (льготы, кредиты, налоговые послабления);
- упрощение формальных процедур и устранение бюрократических барьеров, направленное на создание максимально комфортных условий, как организациям, так и отдельным гражданам для использования ВИЭ.

- назначение особого приоритета внедрению ВИЭ в зонах децентрализованного энергоснабжения;

- подготовку квалифицированных кадров для возобновляемой энергетики, переквалификацию инженерных кадров.

В результате Россия может получить существенное улучшение экономической ситуации в стране: снизится зависимость от мировых цен на топливо, появится фундамент для развития новых отраслей производства, реальные действия по развитию ВИЭ смогут привлечь многомиллионные инвестиции, будут созданы новые рабочие места, улучшится экологическая ситуация в стране, решится проблема сезонного дефицита электроэнергии.

Подытожив вышесказанное, можно сказать, что внедрение и развитие возобновляемой энергетики невозможно без государственной поддержки, и пример стран Евросоюза, США, Китая – тому подтверждение.

Перечислим условия, которые необходимо обеспечить для успешного развития возобновляемой энергетики в России:

- Принятие Федерального закона «О возобновляемых источниках энергии». Министерство энергетики располагает проектом такого закона, но действия по его принятию не предприняты до сих пор. Однако сама необходимость существования законодательно-правовой базы для возобновляемой энергетики неоспорима.

- Государственное стимулирование развития возобновляемой энергетики. Опыт стран-лидеров в использовании ВИЭ показывает, что государственная поддержка играет ключевую роль в успешном развитии данной отрасли энергетики. Речь идет, в первую очередь, о государственном субсидировании региональных энергетических проектов с использованием ВИЭ. Также необходимо тарифное и налоговое регулирование.

- Создание отрасли, которая объединила бы все разрозненные разработки в области ВИЭ в единую систему.

- Выработка стратегии полномасштабного поэтапного перехода к альтернативной энергетике.

- Разработка инновационных проектов в области возобновляемых источников энергии, контроль и стимулирование над их созданием и внедрением на государственном уровне. Государственное финансирование научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР).

- Организация отечественных предприятий по производству оборудования для альтернативной энергетики (ветроустановок, солнечных панелей, контроллеров, инверторов и т.д.).

Экономический кризис, вызванный санкциями Запада и падением цен на нефть, судя по всему, замедлит развитие возобновляемой энергетики России на неопределенный срок, так как вышеперечисленные меры требуют серьезного финансирования из государственного бюджета. Тем не менее, будущее стоит за возобновляемой энергетикой, и рано или поздно, дело сдвинется с мертвой точки.

1.3 Перспективы применения гибридных ветро-дизельных систем электроснабжения в децентрализованной энергетике России

Значительные территории России являются малонаселенными, со слабо развитой хозяйственной деятельностью (рисунок 4), что определяет автономность обеспечения потребителей энергией [1, 2].

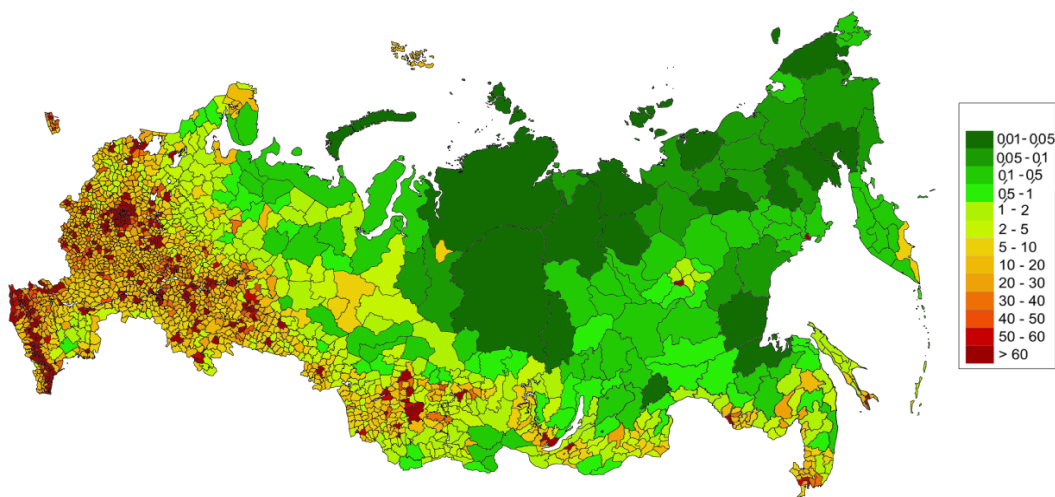


Рисунок 4 – Карта плотности населения России [2]

Как правило, в децентрализованных системах электроснабжения, в качестве источника генерации используются дизельные электростанции (ДЭС). Якутия, с площадью территории 2,2 млн. км² и населением 150 тысяч человек (0,07 человек/км²), обеспечивается тепло- и электроэнергией от 129 ДЭС, работающих автономно. ОАО «Сахаэнерго» обслуживает эту децентрализованную зону энергообеспечения [1].

Проведенный анализ состояния децентрализованных систем электроснабжения выявил ряд проблем, стоящих перед малой энергетикой [1]:

- понижение надежности автономных систем энергообеспечения ввиду высокой степени износа энергооборудования, особенно, дизель-генераторов (степень износа составляет, в среднем, 75%);
- эффективность производства, транспортировки и потребления топливно-энергетических ресурсов крайне невысока;
- высокая себестоимость генерируемой электроэнергии, обусловленная, как правило, затратами на топливо;
- отсутствие квалифицированных кадров и, зачастую, обслуживающего персонала недостаточно для качественной эксплуатации оборудования и его ремонта в случае аварий;
- экологические проблемы.

Повышение технико-экономических характеристик таких систем можно осуществить, используя комбинированные – ветро-дизельные комплексы. Гибридные ветро-дизельные системы электроснабжения имеют хорошие технико-экономические показатели, универсальны, повышают надежность энергоснабжения.

Эффективность гибридных ветро-дизельных систем зависит от режима потока ветра, графика нагрузки, соотношения мощностей ВЭС и ДЭС, способа оптимизации режимов загрузки энергооборудования, структурной схемы системы, логики управления энергокомплексом.

Помимо очевидной экономии на топливе, применение гибридных систем электроснабжения позволяет сэкономить на рабочем персонале ввиду высокой степени их автоматизации.

В качестве примера успешного использования гибридных ветро-дизельных систем в России можно привести ветро-дизельную станцию установленной мощностью 740 кВт на острове Кунашир в Тихом Океане. Станция была построена в рамках программы по социально-экономическому развитию Курильских островов. Экономия топлива составляет, в среднем, 4,5 тонн дизельного топлива (около 150 тыс. рублей) ежемесячно. Два дизель-генератора работают при скорости ветра менее 4 м/с, при достижении необходимой скорости ветра ветрогенераторы включаются автоматически, а ДЭС перестают работать. В идеальных условиях (сильный ветер до 25 м/с и ДЭС в работе) станция может выдавать до 0,8 МВт электрической мощности. В настоящее время гибридная станция обеспечивает нужды в электроэнергии двух поселков – Головинино и Дубового (порядка 250-300 кВт). Высокая степень автоматизации позволяет обходиться одним инженером обслуживающего персонала, снимающим показания приборов. В настоящее время это единственная в России экспериментальная станция. По эффективности ее работы будут делать выводы о целесообразности применения систем подобного типа в других регионах страны [14, 15].

В поселке Усть-Камчатске (Камчатский край) работают 4 экспериментальные ветроустановки (одна была смонтирована французской компанией, остальные принадлежали японской правительственной компании по разработке новых энергетических и промышленных технологий NEDO). В совокупности установленная мощность ВЭУ в поселке составляет 1 МВт. В настоящее время осуществляется передача ветряков в собственность края. В планах расширение ветропарка еще пятью ветроустановками, после чего мощность ветроэнергетического комплекса достигнет 3 МВт. Внедрение ветроустановок в энергосистему района позволит существенно сократить дизельную генерацию. Усть-Камчатск является одним из крупнейших районов

края по рыбному промыслу. Там работают несколько крупных, энергоемких производств по переработке рыбы, и снижение дизельной генерации превращается в задачу стратегического значения [14].

С октября 2002 года успешно работает ветро-дизельный энергетический комплекс установленной мощностью 3,5 МВт в Анадыре (район Чукотки). В состав данного комплекса входит 10 ветроэнергетических установок марки АВЭ-250, мощностью по 250 кВт (общая мощность 2,5 МВт) и 4 дизель-генераторные установки, вырабатывающие 30% энергии комплекса (общая мощность 1 МВт). Среднегодовой объем генерации составляет более 3 млн. кВтч.

На мысе Сеть-Наволоки (Мурманская область) находится экспериментальный ветро-дизельный комплекс установленной мощностью 154 кВт. В состав энергетического комплекса входит ветроустановка ЛЭМЗ-30 мощностью 30 кВт и 3 дизель-генераторные установки [16].

В селах Пялица, Чаваньга и Тетрино (Мурманская область) работают экспериментальные ветро-солнечно-дизельные комплексы малой мощности (до 0,1 МВт) [17].

В городе Мурманск функционирует экспериментальная демонстрационная ВЭУ мощностью 0,25 МВт [18].

Ввиду того, что Мурманская область располагает высоким потенциалом ветроэнергетических ресурсов, был разработан проект долгосрочной целевой программы по развитию нетрадиционных возобновляемых источников в Мурманской области. Согласно данному проекту предполагалось достичь к 2015 году 7,5 % доли ветроэнергетики в общем объеме производства электроэнергии, однако проект не был принят [19].

В поселке Амдерма на побережье Карского моря (Ямало-Ненецкий автономный округ) осуществляется строительство гибридного ветро-дизельного комплекса, в состав которого войдут 4 ветроустановки (общей мощностью 200 кВт) и 3 ДГУ (100, 160, 200 кВт). Ветроустановки уже экс-

платируются в тестовом режиме. Данная гибридная система позволит обеспечить до 40% общего объема электропотребления поселка [20].

Применение ветродизельных систем целесообразно при условии наличия достаточного потенциала энергии ветра.

Экономический ветровой потенциал России оценивается приблизительно в 261 млрд. кВтч электроэнергии в год. Около 30% потенциала ветровой энергии России сосредоточено на Дальнем востоке, 16% - в Сибири, 14% - в северных районах, менее 25% - в остальных районах.

Таблица 5 – Распределение ресурсов ветровой энергии по Федеральным округам Российской Федерации [21]

Округ	Площадь, тыс. км ²	Валовый потенциал округа, млрд. кВтч/год млн.т.у.т./год	Технический потенциал округа, млрд. кВтч/год млн.т.у.т./год	Экономический потенциал округа, млрд. кВтч/год млн. т.у.т./год
Центральный округ	652,8	30347,4 3727,9	607,0 74,6	3,035 0,373
Северо-Западный округ	1677,9	173033,7 21255,5	3460,7 425,1	17,303 2,126
Южный округ	589,2	71423,5 8773,7	1428,5 175,5	7,142 0,877
Приволжский округ	1035,9	94502,0 11608,6	1890,0 232,2	9,450 1,161
Уральский округ	1788,9	646794,7 79452,3	12935,9 1589,0	64,679 7,945
Сибирский округ	5114,8	605192,0 74341,8	12103,8 1486,8	60,519 7,434
Дальневосточный округ	6215,9	987761,9 121336,7	19755,2 2426,7	98,776 12,134
Россия в целом	17075,4	2609055,0 320496,3	52181,0 6409,9	260,906 32,05

Таким образом, Россия обладает достаточным потенциалом ветровой энергии, позволяющим использовать ветроустановки в совокупности с дизельными электростанциями в формате гибридных ветродизельных систем электроснабжения, в районах, географически удаленных от централизованного электроснабжения.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В данной диссертационной работе разрабатывается проект гибридной ветро-дизельной системы для автономного электроснабжения поселка в Томской области.

В разделе «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» рассматриваются вопросы, связанные с экономикой, планированием, эффективностью. В рамках раздела решается ряд задач:

- определяется коммерческий и инновационный потенциал научно-исследовательского проекта;
- осуществляется планирование комплекса работ;
- разрабатывается бюджет проекта;
- определяется ресурсная, финансовая, экономическая эффективность проекта.

4.1 Оценка коммерческого и инновационного потенциала

Проблема высокой себестоимости производимой электроэнергии в районах Томской области с децентрализованным (автономным) электроснабжением является одной из ключевых в децентрализованной энергетике. Основной причиной высоких тарифов на электроэнергию являются затраты на дизельное топливо для дизельных электростанций (включая затраты на транспортировку). Также существует проблема износа технического ресурса парка дизельных электростанций (процент износа составляет более 75%). Наличие данных проблем требует проведения мер по модернизации автономных систем электроснабжения и внедрению гибридных энергетических комплексов с использованием возобновляемых источников энергии.

Исследования, проводимые в данной диссертационной работе, являются актуальными для автономных систем электроснабжения, находящихся в ведении муниципальных унитарных предприятий Томской области и других регионов Российской Федерации с зонами децентрализованного электроснабжения.

Применение гибридных энергетических комплексов с возобновляемыми источниками энергии является инновацией, не имеющей конкурентоспособных технических решений.

Сам проект не имеет коммерческой составляющей, т.к. не производится разработка нового энергетического оборудования, происходит применение предлагаемых готовых технических решений для реализации проекта.

Вывод: выполняемый проект нельзя коммерциализировать. Проект гибридной ветро-дизельной электростанции имеет инновационный потенциал, так как подобные комплексы мало распространены в российской энергетике, их применение является техническим новшеством, способное оптимизировать работу автономных систем электроснабжения.

4.2 Планирование комплекса научно-исследовательских работ

4.2.1 Составление перечня работ

Необходимо оценить трудоемкость выполнения выпускной квалификационной работы (ВКР). Трудоемкость оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер.

Разобьем на этапы выполнение НИР в соответствии с [39, 40], содержащее этапы представлено в таблице 30.

Таблица 30 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работы	Должность исполнителя
Разработка задания на НИР	1	Составление и утверждение задания НИР	Руководитель
Выбор направления исследования	2	Изучение проблемы и поиск материалов по теме	Студент
	3	Выбор способов анализа	Студент
	4	Календарное планирование работ	Руководитель, студент
Теоретические исследования и проектная часть	5	Поиск методов исследования	Студент
	6	Выбор объекта и метода проектирования	Студент
	7	Реализация проектных решений	Студент
Обобщение и оценка результатов	8	Анализ полученных результатов, разработка рекомендаций, выводы	Студент
	9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, студент
Оформление отчета по НИР	10	Составление пояснительной записки	Студент

4.2.2 Определение трудоемкости работ

Расчет трудоемкости осуществим опытно-статическим методом, (согласно методике, изложенной в литературе [40]) основанным на определении ожидаемого времени выполнения работ в человеко-днях по формуле [40]:

$$t_{ож\ i} = \frac{3 \cdot t_{\min\ i} + 2 \cdot t_{\max\ i}}{5}, \quad (18)$$

где $t_{ож\ i}$ - ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, чел.-дн.;

$t_{\min\ i}$ - минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max\ i}$ - максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Рассчитаем значение ожидаемой трудоёмкости работы:

Для установления продолжительности работы в рабочих днях используем формулу:

$$T_{pi} = \frac{t_{ож i}}{Ч_i}, \quad (19)$$

где T_{pi} - продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ож i}$ - ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$ - численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для удобства построения календарного план-графика, длительность этапов в рабочих днях переводится в календарные дни и рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k, \quad (20)$$

где T_{ki} - продолжительность выполнения одной работы, календ. дн.;

k - коэффициент календарности, предназначен для перевода рабочего времени в календарное.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$k = \frac{T_{кг}}{T_{кг} - T_{вд} - T_{пд}}, \quad (21)$$

где $T_{кг}$ - количество календарных дней в году;

$T_{вд}$ - количество выходных дней в году;

$T_{пд}$ - количество праздничных дней в году.

Число выходных/праздничных дней в 2016 году составляет 119.

Определим длительность этапов в рабочих днях и коэффициент календарности:

$$k = \frac{366}{366 - 119} = 1,48.$$

Следует учесть, что расчетную величину продолжительности работ T_k нужно округлить до целых чисел.

Удельное значение каждой работы в общей продолжительности работ определяется по формуле:

$$y_i = \frac{T_{pi}}{T_p} \cdot 100\%, \quad (22)$$

где y_i - удельное значение каждой работы в %;

T_p – суммарная продолжительность темы, раб.дн.

Техническая готовность темы рассчитывается по формуле:

$$\Gamma_i = \frac{\sum_{i=1}^i T_{pi}}{T_p} \cdot 100\%, \quad (23)$$

где $\sum_{i=1}^i T_{pi}$ – нарастающая продолжительность на момент выполнения i -той работы.

Результаты расчетов приведены в таблице 31.

Таблица 31 – Временные показатели выполнения ВКР

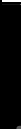













№ раб	Исполнители	Продолжительность работ						
		t_{min} , чел-дн.	t_{max} , чел-дн.	$t_{ож}$, чел-дн.	T_p , раб.дн.	T_k , кал.дн.	y_i , %	Γ_i , %
1	Руководитель	2	4	3	3	4	3,94	4,23
2	Студент	10	14	12	12	17	16,34	12,68
3	Студент	2	4	3	3	4	3,94	24,23
4	Руководитель, студент	1	2	1	1	1	0,99	18,31
5	Студент	7	14	10	10	15	13,80	32,39
6	Студент	1	2	1	1	2	1,97	33,80
7	Студент	14	21	17	17	25	23,66	57,75
8	Студент	3	7	5	5	7	6,48	64,79
9	Руководитель, студент	3	7	5	2	3	3,24	67,61
10	Студент	21	28	24	24	35	33,52	100
Итого					77	113		

4.2.3 Построение графика работ

Для удобства и наглядности календарного плана работ для построения ленточного графика выполнения ВКР используют диаграммы Ганта. Диаграмма Ганта представляет собой горизонтальный ленточный график, на

котором этапы НИР представлены в виде протяженных по времени отрезков, характеризующихся датами начала и окончания выполнения данных работ [40].

Таблица 32 – Календарный план проведения НИР

Этапы	Вид работы	Исполнители	t_k	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
1	Составление и утверждение задания НИР	Руководитель	4					
2	Изучение проблемы, поиск материалов	Студент	17					
3	Выбор способов анализа	Студент.	4					
4	Календарное планирование работ	Руководитель, студент	1		 			
5	Поиск методов исследования	Студент	15					
6	Выбор объекта и метода проектирования	Студент	2					
7	Реализация проектных решений	Студент.	25					
8	Анализ результатов, разработка рекомендаций, выводы	Студент	7					
9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, студент	3				 	
10	Составление пояснительной записки	Студент	35					
 - работа руководителя,  - работа студента								

Как видим из таблицы 32, диаграмма строится в рамках таблицы с разбитием по месяцам и неделям периода выполнения НИР. При этом работы

на диаграмме отображаются в виде прямоугольников различных цветов в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Вывод: в ходе планирования научно-исследовательской деятельности был составлен перечень работ, определено количество исполнителей (двое – студент и научный руководитель). Научно-исследовательская работы была разбита на этапы, определена трудоемкость каждого этапа выполнения работ. Итогом планирования является составление календарного графика выполнения работ в виде диаграммы Ганта.

4.3 Расчет бюджета проектно-исследовательской работы (ПИР)

Планирование бюджета проектно-исследовательской работы осуществляется с целью полного и достоверного отражения всех расходов, связанных с их выполнением. Затраты на выполнение ПИР разобьем на следующие группы [40]:

- материальные затраты;
- затраты на специальное оборудование и программное обеспечение;
- заработная плата персонала (основная и дополнительная);
- страховые отчисления;
- накладные расходы.

4.3.1 Расчет материальных затрат проектно-исследовательской работы

К материальным затратам отнесем затраты на канцелярские товары [41].

Материальные затраты сведены в таблицу 34.

Таблица 33 – Материальные затраты

№	Наименование изделия	Единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.	Общая стоимость, руб.
1	Бумага А4	пачка	1	290	290
2	Тетрадь общая	штука	2	50	100
3	Ручка	штука	5	30	150
4	Набор карандашей	штука	1	150	150
5	Готовальня	штука	1	390	390
6	Калькулятор	штука	1	592	592
Итого					1672

Итак, материальные затраты составили 1672 рубля.

4.3.2 Затраты на специальное оборудование и программное обеспечение

К данной группе затрат отнесем затраты на специализированное программное обеспечение, используемое при выполнении ПИР [42].

Таблица 34 – Затраты на программное обеспечение

№	Наименование	Количество	Цена единицы, руб.	Общая стоимость, руб.
1	Пакет программ Microsoft Office	1	30099	30099
2	Mathcad	1	5240	5240
3	Компас-график	1	60000	60000
Итого				95339

Амортизация рассчитывается по формуле [40]:

$$A = \frac{H_A \cdot I}{12} \cdot m, \quad (24)$$

где H_A – норма амортизации,

I – итоговая сумма, руб.;

m – время использования в месяцах.

Норму амортизационных отчислений рассчитаем по формуле:

$$H_A = \frac{1}{n}, \quad (25)$$

где n – срок полезного использования в количествах лет.

$$H_A = \frac{1}{5} = 0,2 ,$$

$$A = \frac{0,2 \cdot 95339}{12} \cdot 6 = 9533,9 \text{ руб.}$$

Затраты на программное обеспечение составили 95339 рублей. Амортизация составила 9533,9 рублей.

4.3.3 Расчет заработной платы персонала

К этой группе затрат относится заработная плата (ЗП) научных работников, участвующих в выполнении проектно-исследовательских работ (научного руководителя и студента-магистранта).

Согласно тарифу (окладам), за час работы руководитель получает 450 рублей, студент – 100 рублей. Один день работы составляет 8 часов.

Расчет основной заработной платы сведен в таблицу 35.

Таблица 35 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапа	Исполнители	Трудоемкость, чел.-дн.	ЗП, приходящаяся на один чел.-день, руб.	Всего ЗП по тарифу (окладам), руб.
1	Составление и утверждение задания НИР	Рук-ль	4	3600	14400
2	Изучение проблемы, поиск материалов	Студент	17	800	13600
3	Выбор способов анализа	Студент	4	800	3200
4	Календарное планирование работ	Рук-ль, Студент	1	3600 800	3600 800
5	Поиск методов исследования	Студент	15	800	12000
6	Выбор объекта и метода проектирования	Студент	2	800	1600
7	Реализация проектных решений	Студент	25	800	20000
8	Анализ результатов, разработка рекомендаций, выводы	Студент	7	800	5600
9	Оценка эффективности полученных результатов	Рук-ль, Студент	3	3600 800	10800 2400
10	Составление пояснительной записки	Студент	35	800	28000
Итого руководитель					28800
Итого студент					87200
Итого					116000

Дополнительная заработная плата рассчитывается по формуле [40]:

$$З_{\text{доп}} = З_{\text{осн}} \cdot k_{\text{доп}}, \quad (26)$$

где $k_{\text{доп}}$ - коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

$$З_{\text{доп,рук}} = 28800 \cdot 0,15 = 4320 \text{ руб.},$$

$$З_{\text{доп,студ}} = 87200 \cdot 0,15 = 13080 \text{ руб.}$$

Итоговая зарплата рассчитывается по формуле [40]:

$$З_{\text{итог}} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}} \quad (27)$$

$$З_{\text{итог,рук}} = 28800 + 4320 = 33120 \text{ руб.},$$

$$З_{\text{итог,студ}} = 87200 + 13080 = 100280 \text{ руб.}$$

Заработная плата руководителя составила 33120 рублей, студента – 100280 рублей.

4.3.4 Расчет страховых отчислений

К обязательным отчислениям, согласно законодательству Российской Федерации, относятся внебюджетные фонды: отчисления социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ), медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Размер отчислений во внебюджетные фонды рассчитывается по формуле [40]:

$$З_{\text{внеб}} = (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) \cdot k_{\text{внеб}}, \quad (28)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ [43] установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1% .

Рассчитаем размер отчислений во внебюджетные фонды:

$$З_{\text{внеб,рук}} = 33120 \cdot 0,271 = 8975,5 \text{ руб.},$$

$$З_{\text{внеб,студ}} = 100280 \cdot 0,271 = 27175,9 \text{ руб.}$$

Размер отчислений во внебюджетные фонды составляет 8975,5 рублей для научного руководителя и 27175,9 рублей для студента.

4.3.5 Расчет накладных расходов

Величина накладных расходов определяется по формуле [40]:

$$З_{\text{накл}} = (\sum \text{статей}) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (29)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы (принимается равным 0,16).

Итак, накладные расходы составят:

$$З_{\text{накл}} = (1672 + 95339 + 9533,9 + 33120 + 100280 + 8975,5 + 27175,9) \cdot 0,16 = 276096,3 \cdot 0,16 = 44175,41 \text{ руб.}$$

Накладные расходы составили 44175,41 рублей.

4.3.6 Формирование бюджета затрат проектно-исследовательской работы (ПИР)

Сведем все статьи расходов в таблицу 36.

Таблица 36 – Расчет бюджета затрат ПИР

№	Наименование статьи расходов	Сумма, руб.
1	Материальные затраты	1672
2	Затраты на программное обеспечение	95339
3	Затраты на амортизацию	9533,9
4	Затраты на заработную плату	133400
5	Затраты на внебюджетные отчисления	36151,4
6	Затраты на накладные расходы	44175,41
7	Бюджет затрат ПИР	320271,71

В ходе формирования бюджета научно-исследовательской работы были посчитаны следующие статьи расходов: материальные расходы (1672 рубля), затраты на программное обеспечение (95339 рублей), затраты на

амортизацию (9533,9 рублей), заработная плата исполнителей (133400 рублей), затраты на отчисления во внебюджетные фонды (36151,4 рублей), затраты на накладные расходы (44175,4 рублей). Общий бюджет затрат на выполнение проектно-исследовательской работы составляет 320271,71 рублей.

4.4 Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности

Расчет капитальных затрат на строительство гибридного ветродизельного энергетического комплекса, расчеты экономической, энергетической, а также ресурсосберегающей эффективности проекта представлены в главе 2, пункте 2.8.

В рамках выполнения проекта гибридной ветро-дизельной системы электроснабжения была проведена замена устаревшего морально и физически парка дизель-генераторов современными агрегатами рациональной мощности, а также в систему электроснабжения поселка был введен возобновляемый источник энергии (ветроустановка).

По результатам расчетов экономия топлива после модернизации парка дизель-генераторов и внедрения ветроустановки составляет 60%, экономия масла – 66,8%.

Годовая экономия финансовых средств составляет 1 388 785 рублей.

Внедрение гибридного энергетического комплекса позволяет понизить тариф на электроэнергию с 34,54 до 23,5 руб/кВтч.

Таким образом, в главе 4 «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» в пункте 4.1 была произведена оценка коммерческого и инновационного потенциала. Данный проект не коммерциализируется, однако имеет инновационный потенциал, так как гибридный ветродизельный комплекс является внедряемым в энергетику региона новшеством,

обеспечивающим качественный рост эффективности производства электрической энергии для автономных объектов.

В пункте 4.2 было осуществлено планирование проектно-исследовательской работы (ПИР). Проектно-исследовательская работа была разбита на 5 этапов, и 10 работ. Были определены исполнители (научный руководитель, студент). Была рассчитана трудоемкость каждого этапа и каждой работы. Продолжительность работ составляет 113 календарных дней. Был составлен календарный график выполнения работ в виде диаграммы Ганта.

В пункте 4.3. был сформирован бюджет проектно-исследовательской работы. В ходе формирования бюджета научно-исследовательской работы были посчитаны следующие статьи расходов: материальные расходы (1672 рубля), затраты на программное обеспечение (95339 рублей), затраты на амортизацию (9533,9 рублей), заработная плата исполнителей (133400 рублей), затраты на отчисления во внебюджетные фонды (36151,4 рублей), затраты на накладные расходы (44175,4 рублей). Общий бюджет затрат на выполнение проектно-исследовательской работы составляет 320271,71 рублей.

В пункте 4.4 была подытожена ресурсная, финансовая и экономическая эффективность проектно-исследовательской работы. Внедрение проекта позволит сократить расходы топлива на электроснабжение поселка на 60%, масла – на 66,8%, сэкономить технический ресурс дизель-генераторов, человеческие ресурсы за счет повышения автоматизации управления гибридным комплексом. Экономия финансов за счет экономии горюче-смазочных материалов составила 1388785 рублей. Внедрение проекта позволит снизить тариф на электроэнергию с 34,54 до 23,5 руб/кВтч. Таким образом, применение гибридных ветро-дизельных комплексов экономически оправдано.